

J. Akad. Kim. 1(4): 187-192, November 2012

ISSN 2302-6030

AKUMULASI LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM IKAN BELANAK (*Liza melinoptera*) YANG HIDUP DI PERAIRAN MUARA POBOYA

Accumulation of Lead (Pb) Metal in Mullet (*Liza melinoptera*) that Live in Poboya River Estuary

Melisa Arsad, *Irwan Said dan Suherman

Pendidikan Kimia/FKIP - University of Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 14 November 2012, Revised 19 November 2012, Accepted 20 November 2012

Abstract

Poboya River estuary that known to have been contaminated with heavy metals, one of them is metal lead (Pb). This is because the high human activity in the surrounding waters bed, which may be the source of the entry of heavy metals into the estuary waters. Poboya River estuary has many kinds of marine life, including fish such as Belanak (Liza Melinoptera). Fish used as an indicator of contamination that occurred in the waters. This study aims to determine how much accumulation and metal concentrations of lead (Pb), which accumulates in fish living Belanak Poboya estuaries. The method used is the gravimetric method for determining water content, biomass and low ash content, while the analysis of the samples in this study using Atomic Absorption Spectrometry instrument (SSA). The results showed that the water content mobtained at 55.830%. While the levels of biomass were obtained for 89.200% and ash content of meat samples obtained at 10.790%. While the results showed that the accumulation of the metal lead (Pb) in Belanak fish average of 1.746 ± 1.673 mg/kg. That exceeds the maximum value of the metal Lead in food in accordance with ISO 01-2729.1-2006, ie 0.4 mg/kg.

Keywords: Lead (Pb) metal, Mullet (*Liza Melinoptera*), Poboya river estuary, Atomic Absorption Spectrometry (AAS)

Pendahuluan

Secara luas lingkungan terdiri dari suatu sistem tanah, air, dan udara yang didalamnya terdapat subsistem kehidupan dan tak hidup. Ketiga sistem tersebut saling mempengaruhi yang dapat memberikan dampak positif dan negatif dalam subsistem kehidupan dan tak hidup.

Berdasarkan pandangan tersebut maka perlu dipertahankan setiap fungsistem pada lingkungan. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi kerusakan yang berkelanjutan di lingkungan. Artinya bila terjadi eksploitasi yang tidak terkendali pada tanah maka akan mempengaruhi keseimbangan air dan udara. Akibatnya menimbulkan dampak negatif pada setiap kehidupan. Diketahui bahwa gangguan negatif pada kehidupan adalah akibat dari kehidupan yang lain. Contohnya, gangguan suatu komunitas kehidupan di perkotaan

diakibatkan oleh aktivitas lain, yaitu timbulnya limbah cair domestik.

Sesuai hal tersebut, kawasan perairan Teluk Palu memiliki ekosistem pesisir dimana di dalamnya terdapat ekosistem estuaria. Ekosistem esturia dapat ditemukan pada muara sungai Palu, sungai Poboya, serta sungai-sungai kecil lainnya yang terdapat disepanjang pesisir Teluk Palu. Kondisi perairan estuaria Teluk Palu (segmen muara sungai Poboya) secara umum merupakan kawasan pariwisata di bagian barat dan di bagian timurnya selain kawasan pariwisata juga terdapat tambak penggarapan raya. Selain itu di sekitar perairan estuaria segmen muara sungai Poboya terdapat aktivitas permukiman, perbengkelan dan aktivitas lain yang dapat menjadi sumber logam berat dalam perairan Teluk Palu. Sejalan dengan yang dikemukakan oleh Said, dkk (2009) menyatakan bahwa pencemaran estuaria Teluk Palu dapat berasal dari aktivitas alam dan antropogenik seperti aktivitas pertanian sepanjang DAS Matangpondo/Poboya, perbengkelan, rumah sakit, pelabuhan laut, depot Pertamina, dan kegiatan tambang emas

* Korespondensi:

I. Said

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako
email: puangatto@yahoo.com

© 2012 - Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako

tradisional yang dilakukan oleh masyarakat di sepanjang aliran Sungai Matangpondo/Poboya. Aktivitas tersebut merupakan sumber berbagai macam logam berat dalam perairan.

Logam berat ini seringkali memasuki rantai makanan di laut dan berpengaruh pada hewan-hewan, serta dari waktu ke waktu dapat berpindah-pindah dari sumbernya. Keadaan ini menyebabkan sulit sekali untuk memperkecil pengaruh bahan kimia tersebut, terutama apabila pengaruhnya terulang kembali pada tahun-tahun berikutnya. (Nybakken, 1992).

Bilamana Logam berat tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar. Menurut Meador, et al (2005) yang mengemukakan bahwa kandungan logam berat yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme, seperti penelitian tentang perbandingan unsur non esensial Cd, Hg dan Pb yang terdapat dalam ikan dan sedimen dari Alaska dan California. Salah satu bahan pencemar pada perairan adalah logam berat Timbal (Pb). Hal ini sejalan dengan pemikiran Siregar, dkk (2012), menyatakan bahwa logam berat pada badan air meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah buangan industri tersebut adalah timbal (Pb) yang bersifat toksin bagi organisme akuatik. Pb termasuk ke golongan IV-A pada tabel periodik, dengan nomor atom 82 dan berat atom 207,2.

Menurut Hardiani, dkk (2011) logam Pb merupakan logam berat yang sangat beracun dan tidak dibutuhkan oleh manusia, sehingga bila makanan tercemar oleh logam tersebut, tubuh akan mengeluarkannya. Di dalam tubuh manusia, logam Pb bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil logam Pb diekskresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut (Widowati, dkk 2008).

Retyoadhi, dkk (2005) mengemukakan bahwa timbal (Pb) adalah logam yang mendapat perhatian utama dalam segi kesehatan, karena dampaknya pada sejumlah besar orang akibat keracunan makanan atau udara yang terkontaminasi Pb memiliki sifat toksin berbahaya

Menurut Penelitian Sujaya (1997), bahwa kondisi air laut di pantai Talise telah mengalami

pencemaran oleh logam timbal (Pb). Rata-rata kandungan logam timbal (Pb) di pantai Talise Palu telah mencapai 0,2913 ppm. Mengacu pada keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk organisme laut bahwa kadar nilai ambang batas (NAB) untuk logam Pb 0,008 mg/L (8 ppb). Karena itu, kadar logam Pb di pantai Talise lebih tinggi dari nilai ambang batas. (MENLH, 2004).

Teluk Palu memiliki berbagai jenis spesies biota laut, salah satu diantaranya adalah ikan, seperti ikan Belanak (*Liza Melinoptera*). Ikan sebagai salah satu biota air yang dapat dijadikan sebagai salah satu indikator pencemaran yang terjadi di dalam perairan. Berdasarkan pemikiran Jovita dan Novalia (2007) yang menyatakan bahwa ikan merupakan organisme air yang dapat bergerak dengan cepat. Ikan pada umumnya mempunyai kemampuan menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran. Namun demikian, pada ikan yang hidup di habitat yang terbatas (seperti, danau, sungai dan teluk) akan sulit menghindarkan diri dari pencemaran. Bahan pencemar masuk kedalam tubuh organisme dapat melalui rantai makanan sehingga menyebabkan terakumulasinya bahan pencemar dalam tubuh organisme (Kunarso dan Ruyitno, 1991). Ikan Belanak memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Populasinya tersebar di perairan tropis dan subtropis. Kebanyakan ikan belanak ditemukan secara mengelompok 20-30 ekor yang berenang hilir mudik di permukaan estuaria (Wahyuni, 2002). Ikan Belanak banyak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai bahan pangan, sehingga ikan Belanak ini merupakan salah satu ikan tangkap dan bernilai ekonomis yang banyak ditemukan di perairan muara sungai Poboya. Menurut Febrita, dkk (2006), menyatakan bahwa penggunaan organisme laut perlu dilakukan karena dapat menggambarkan kualitas lingkungan perairan.

Tulisan ini mendeskripsikan penelitian tentang akumulasi logam Pb dalam ikan Belanak (*Liza melinoptera*) yang hidup di perairan muara sungai Poboya di teluk Palu.

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah SSA Shimadzu Spektra AA. 500, tanur FB1410M, oven MMM Medcenter, neraca digital ARC-120. Dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu daging ikan Belanak (*Liza Melinoptera*) yang berasal dari muara sungai Poboya (Teluk Palu), $PbNO_3$ Merck

dan larutan HNO_3 Pekat Merck.

Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan menggunakan jaring ikan di sekitar muara sungai. Selanjutnya ikan Belanak, dipisahkan daging dan tulangnya. Daging ikan Belanak ditiriskan (tanpa sinar matahari), selanjutnya ditimbang masing-masing sebanyak 52 gram.

Untuk menentukan kadar air dilakukannya dengan cara sampel daging yang telah diambil dikeringkan tanpa matahari kemudian ditimbang sebanyak 52,000 g, lalu dimasukkan dalam oven pada suhu 105°C selama ± 2 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Dipanaskan kembali dalam oven lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali sampai diperoleh berat konstan. Setelah itu ditentukan kadar airnya dengan rumus sebagai berikut :

Sedangkan untuk menentukan kadar abu yaitu dengan cara sampel daging kering ditimbang sebanyak 22,970 g. Sampel daging kering diabukan dalam tanur pada suhu 600°C . Abu yang diperoleh ditimbang lalu ditentukan kadar biomassa dan kadar abunya. Untuk kadar biomassa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat daging awal} - \text{berat daging akhir}}{\text{Berat daging awal}} \times 100\%$$

(Sudarmadji, dkk, 1989).

Sedangkan untuk menentukan kadar abu yaitu dengan cara sampel daging kering ditimbang sebanyak 22,970 g. Sampel daging kering diabukan dalam tanur pada suhu 600°C . Abu yang diperoleh ditimbang lalu ditentukan kadar biomassa dan kadar abunya. Untuk kadar biomassa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Biomassa} = \text{Berat kering} - \text{berat abu}$$

$$\text{Kadar Biomassa} = \frac{\text{Berat Biomassa}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

(Sudarmadji, dkk, 1989).

Sedangkan untuk kadar abu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

(Sudarmadji, dkk, 1989).

Contoh disiapkan dengan menimbang 2,490 g abu ikan belanak ditimbang, lalu

ditambahkan dengan larutan HNO_3 pekat sebanyak 15 mL, kemudian diencerkan dengan aquadest dalam labu ukur 100 mL. Cuplikan siap untuk dianalisis kadar logam yang ada di dalam contoh.

Pembuatan larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm dilakukan dengan menimbang 0,123 g PbNO_3 , kemudian dimasukkan dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan menambahkan sebanyak 5 mL aquades, setelah itu larutan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL, kemudian gelas kimia dibilas kembali lalu dimasukkan ke dalam labu ukur selanjutnya diencerkan.

Pembuatan kurva kalibrasi dari larutan baku timbal (Pb) 1000 ppm. Pengenceran dilakukan secara bertahap mulai dari 1000 ppm diencerkan hingga 500 ppm, 500 ppm diencerkan hingga 100 ppm, 100 ppm diencerkan menjadi 50 ppm, 50 ppm diencerkan menjadi 10 ppm, 10 ppm diencerkan menjadi 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm dan 1,0 ppm. Serapandiukur pada panjang gelombang 283,31 nm dan dibuatkan kurva kalibrasi.

Hasil dan Pembahasan

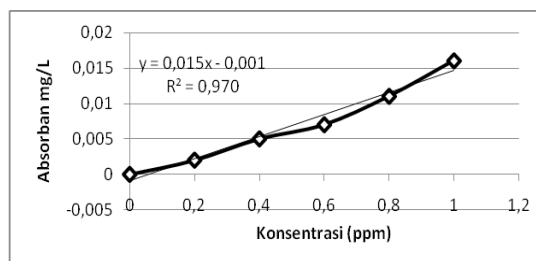
Hasil penelitian ini menunjukkan ikan yang diperoleh dari muara sungai Poboya mempunyai kadar air sebesar 55,830%. Sedangkan kadar biomassanya adalah sebesar 89,200%.

Kadar abu suatu sampel padat perlu ditentukan untuk dapat melakukan estimasi berapa banyak unsur-unsur anorganik atau mineral yang terkandung dalam sampel. Penentuan kadar abu dilakukan dengan cara kering yaitu dengan mengoksidasi semua zat organik pada suhu 600°C dan kemudian dilakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pengabuan selesai. Hasil penelitian ini menunjukkan ikan yang diperoleh dari muara sungai Poboya mempunyai kadar abu yang rendah yaitu sebesar 10,790%.

Hasil pengukuran (absorban) larutan standar timbal pada panjang gelombang maksimum 283,31 nm dengan menggunakan SSA dapat dilihat pada Gambar 1

Dari hasil perhitungan program MS Excel (Microsoft), diperoleh persamaan regresi $y = 0,015X - 0,001$ dengan $R^2 = 0,970$ Hubungan antara absorban dan konsentrasi larutan standar timbal ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh hubungan yang linier antara konsentrasi dengan absorban dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,970. Harga koefisien korelasi yang mendekati 1 menunjukkan tingginya korelasi antara konsentrasi dengan absorban. Hal ini



Gambar 1 kurva hubungan konsentrasi timbal (ppm) dengan absorban (mg/L)

sesuai dengan Hukum Lambert–Beer yaitu $A = abc$, dimana nilai absorban (A) berbanding lurus dengan nilai konsentrasi (c) (Day dan Underwood, 1993).

Berdasarkan hasil analisis logam Pb dari pengukuran SSA kadar logam dalam sampel kering diperoleh data Tabel 1

Tabel 1. Kadar logam timbal (Pb) dalam sampel kering

No	Perlakuan	Konsentrasi pada cuplikan (mg/L)	Konsentrasi Berat Kering sampel (mg/kg)
1.	I	0,333	1,454
2.	II	0,400	1,746
3.	III	0,467	2,039
Rata - rata		0,400	1,746

Informasi yang diperoleh dari Tabel 1 kadar Pb dalam berat kering (bk) daging ikan Belanak yaitu dengan rata-rata $1,746 \pm 1,673$ mg/kg. Kadar tersebut berada diatas batas makanan yang diperbolehkan. Menurut standar makanan SNI 01-2729.1-2006, yaitu kadar Pb yang diperbolehkan ada dalam makanan adalah 0,4 mg/kg. Berdasarkan pemikiran Panuntun, dkk (2012) bahwa pencemaran logam berat dapat merusak lingkungan perairan dalam hal stabilitas, keanekaragaman dan kedewasaan ekosistem. Kerusakan ekosistem perairan dari aspek ekologis akibat pencemaran logam berat dapat ditentukan oleh faktor kadar dan kesinambungan zat pencemar yang masuk dalam perairan, sifat toksisitas dan bioakumulasi. Sejalan dengan yang dikemukakan oleh Lubis dan Aman (2008) yang menyatakan bahwahal ini memungkinkan biota laut terkontaminasi oleh logam berat, dari air laut maupun melalui makanan.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa daging ikan Belanak tidak boleh dikonsumsi karena dikhawatirkan akan terjadi gangguan metabolisme di

dalam tubuh akibat tingginya kadar Pb. Berdasarkan pemikiran Sudarmaji, dkk (2006), yang menyatakan bahwa logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia baik secara akut maupun kronis. Senyawa Pb organik mempunyai daya racun yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa Pb anorganik.

Menurut pendapat Suaniti (2007), logam berat diserap oleh tubuh hewan perairan kebanyakan dalam bentuk ion. Penyerapan tersebut dalam bentuk ion, melalui insang dan saluran pencernaan. Logam dapat tertimbun dalam jaringan terutama di hati dan ginjal. Ion logam yang masuk ke dalam jaringan makhluk hidup bersenyawa dengan bahan kimia jaringan makhluk hidup membentuk senyawa kompleks organikprotein disebut metalotionin. Logam berat nonesensial yang bersenyawa dengan protein dapat menyebabkan toksin (Darmono, 1995).

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan oleh peneliti bahwa disepanjang daerah aliran sungai (DAS) Poboya, terdapat banyak aktivitas kehidupan manusia yaitu kegiatan pertanian, rumah tangga, perbengkelan dan pertambangan. Aktivitas tersebut merupakan sumber masuknya berbagai macam logam berat ke dalam perairan. Kandungan logam berat seperti Cd, Hg dan Pb yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme di laut. Jika logam yang terakumulasi hingga ambang batas dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan seperti mempengaruhi fungsi syaraf, merusak penglihatan, pendengaran, kemampuan berbicara serta kehilangan koordinasi otak (Boaden, 1985).

Penelitian yang sama tentang analisis kandungan timbal pada biota laut dilakukan oleh Purnomo dan Muchyiddin (2007) di daerah Gresik yang melakukan analisis kandungan timbal pada ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam ikan Bandeng adalah 0,041 ppm (tidak melebihi ambang batas). Sedangkan penelitian tentang analisis kandungan timbal pada tanaman dilakukan oleh Prasetyorini (2011) yang melakukan analisis kandungan timbal, tembaga dan arsen pada daun kangkung (*Ipomoea Aquatica*) yang dijual di tempat yang berbeda dengan metode spektrofotometri serapan atom. Penelitian tentang akumulasi logam Pb dapat juga dilakukan pada buah seperti yang dilakukan oleh Hindersah, dkk (2004) yang

melakukan penelitian tentang akumulasi Pb dan Cd pada buah tomat yang ditanam di tanah mengandung lumpur kering dari instalasi pengolahan air limbah domestik. Rahman (2006) juga melakukan penelitian mengenai kandungan logam berat Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan.

Kesimpulan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa terjadi akumulasi logam timbal (Pb) dengan rata-rata $1,746 \pm 1,673$ mg/kg berat kering dalam ikan Ikan Belanak (*Liza Melinoptera*) yang hidup di muara sungai Poboya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tasrik selaku laboran di Laboratorium Kimia FKIP Universitas Tadulako dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Boaden, P. J. S., & Seed, R. (1985). *An introduction to coastal ecology*. New York: Brachie USA,
- Darmono. (1995). *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: UI Press.
- Day, R. Jr., & Underwood, A. L. (1996). *Analisis kimia kuantitatif* (5th ed). Jakarta: Erlangga.
- Febrita E., Suwondo & Umairah, D., (2006). Kandungan logam berat (Pb dan Cu) pada Sipetang (*Pharus* sp) sebagai bioindikator kualitas perairan di Bengkalis. *Jurnal Biogenesis*. 2(2), 41-46.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2011). Bioremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas proses deinking. *Jurnal Selulosa*, 1(1), 31-41.
- Hindersah, R., Kalay, A. M., & Muntalif, B. S. (2004). Akumulasi Pb dan Cd pada buah tomat yang ditanam di tanah mengandung lumpur kering dari instalasi pengolahan air limbah domestik. ISBN: 979-99965-0-3.
- Jovita, T. M., & Novalia, R. (2007). Kandungan logam berat pada ikan, air dan sedimen di Waduk Saguling Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 2(2).
- Kunarso, D. H., & Ruyitno. (1991). *Status pencemaran laut di Indonesia dan teknik pemantauannya*. Jakarta: LON-LIA
- Lubis, H., & Aman, C. (2008). Pemeriksaan kandungan logam merkuri, timbal, dan kadmium dalam daging rajungan segar yang berasal dari TPI Gabion Belawan secara spektrofotometri serapan atom. *Majalah Kedokteran Nusantara*, 41(1).
- Meador, J. P., Ernest, D. W., & Kogley, A. N. (2005). *Science of the Total Environmental*. 339:189.
- MENLH. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.
- Nybakken, W. J. (1992). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT Gramedia.
- Panuntun, P., Yulianto, B., & Ambariyanto, (2012). Akumulasi logam berat Pb pada karang *Acropora Aspera*. *Journal of Marine Research*. 1(1), 178-182.
- Prasetyorini, W. S. (2011). Analisis kandungan timbal, tembaga dan arsen pada daun kangkung (*Ipomoea aquatica*) yang dijual di tempat yang berbeda dengan metode spektrofotometri serapan atom. *Ekologia*, 11(2), 31-35
- Purnomo, T., & Muchyiddin (2007). Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*chanos chanos* forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*, 14(1), 68-77
- Rahman A. (2006). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten tanah laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*, 3(2), 93-101.
- Retyoadhi, A. Y., Susanto, T., & Martati,

- E. (2005). Kajian cemaran Pb, total mikroba dan e coli kerang darah. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(3), 203-211.
- Siregar, Y. I., Zamri, A., & Putra, H., (2012). Penyerapan timbal (Pb) pada sistem organ ikan mas (*Cyprinus carpio* l). *Kajian Kandungan Logam*.
- Suaniti, N. M. (2007). Pengaruh EDTA dalam penentuan kandungan timbal dan tembaga pada kerang hijau (*mytilus viridis*). 2(1).
- Sudarmaji, Mukono, J., & Corrie, I. P. (2006). Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(2), 129.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1989). *Analisis bahan makanan dan pertanian* (1st ed). Yogyakarta: Liberty Yogyakarta bekerja sama dengan pusat antar Universitas dan Gizi UGM
- Sujaya, A. (1997). Analisis sifat fisiko-kimia air laut di Pantai Talise. (tidak dipublikasikan). FKIP Untad, Palu.
- Wahyuni, P. D. (2002). Analisis isi lambung ikan belanak (*Mugil cephalus*) di Kecamatan Kenjeran Pantai Timur Surabaya. Laporan Tugas Akhir Biologi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Widowati, W., Sastiono, A., & Jusuf, R. (2008). Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta: Penerbit ANDI.